

اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز جهت اقدامات آبخیزداری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دریان سمنان)

- ❖ **علی گلکاریان***: استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
- ❖ **عباسعلی محمدیان**: دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی یزد
- ❖ **ابوالفضل عبدالمهی**: دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی

چکیده

حوزه آبخیز یک واحد ایده‌آل برای مدیریت منابع طبیعی و همچنین تعدیل تأثیر ناهنجاری طبیعی برای دستیابی به توسعه پایدار است. شرط اول کنترل عوامل فرسایشی و بهبود وضعیت بحرانی یک حوزه آبخیز، شناسایی مناطق و زیرحوزه‌های با وضعیت بحرانی‌تر و اولویت‌بندی آنها است تا در صورت اجرای عملیات کنترلی، مناطق دارای اولویت‌های بالاتر بیشتر مد نظر قرار گرفته و برنامه‌های حفاظتی در این قبیل مناطق متمرکز شوند. هدف از این پژوهش اولویت‌بندی زیرحوزه‌های حوزه آبخیز دریان سمنان جهت اقدامات آبخیزداری با استفاده از روش شباهت به گزینه ایده‌آل (تاپسیس) است. ابتدا در این پژوهش شش معیار (جمعیت، متوسط تولید پوشش گیاهی، منابع آب، سطح اراضی کشاورزی، فرسایش و استحکام سازند) جهت اولویت‌بندی انتخاب، سپس وزن هر یک از معیارها با استفاده از روش آنتروپی مشخص گردید که در این میان فاکتور جمعیت و فرسایش به ترتیب بیشترین و کمترین وزن را به خود اختصاص دادند. همچنین نتایج نشان داد از بین ۳۸ زیرحوزه مورد بررسی، زیرحوزه‌های A10، A11 و B7_A'12_C'21 به دلیل بالاتر بودن رتبه معیارهای جمعیت، منابع آب و سطح اراضی کشاورزی که دارای بالاترین وزن در بین معیارهای انتخابی هستند، در اولویت بالاتری قرار گرفتند و زیرحوزه‌های C9، C6 و C7 به جهت پایین بودن معیارهای مذکور کمترین اولویت را به خود اختصاص دادند.

واژگان کلیدی: آنتروپی، تاپسیس، اولویت‌بندی، اقدامات آبخیزداری، حوزه دریان

۱. مقدمه

حوزه آبخیز می‌تواند به عنوان یک واحد مطالعه، برنامه‌ریزی و اجرای عملیات حفاظت آب و خاک در نظر گرفته شود. فاکتورهای مهم متأثر از توسعه و برنامه‌ریزی حوزه آبخیز، شامل فرسایش خاک، نوع و کیفیت خاک، کاربری اراضی، ته‌نشست رسوبات و منابع آب هستند [۱۳]. با افزایش جمعیت و بالا رفتن تقاضا، کشاورزان زمین‌های حساس به فرسایش را زیر کشت می‌برند و باعث تخریب منابع طبیعی می‌شوند [۹]. تخریب منابع طبیعی اثرات جبران‌ناپذیری از قبیل وقوع سیلاب‌های شدید و فرسایش خاک و به دنبال آن خسارت‌های جانی و مالی را به دنبال دارد. به طور کلی در سطح یک حوزه آبخیز پتانسیل‌ها، مسائل و مشکلات متعددی وجود دارند که می‌توانند به عنوان مبنایی جهت اولویت‌بندی اقدامات اصلاحی و احیایی قرار گیرند. کمبود اعتبار و محدودیت‌های اقتصادی و فنی در حوزه‌های آبخیز ایجاب می‌کند که اقدامات آبخیزداری جهت کاهش هزینه‌های مرتبط در بخش‌هایی از حوزه آبخیز انجام گیرد که دارای شرایط حساس‌تری نسبت به دیگر مناطق هستند. همچنین با توجه به گستردگی حوزه‌های آبخیز و تنوع آنها به لحاظ اجتماعی و فیزیکی همچون پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، اداپیک، اقلیمی و فیزیوگرافی، استفاده از روش‌های اولویت‌بندی به منظور طبقه‌بندی زیر حوزه‌ها جهت صرفه‌جویی در هزینه و زمان را آشکارتر می‌سازد [۴]. علی‌رغم اهمیت سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز بزرگ جهت مطالعات بعدی، تاکنون در کشور بررسی علمی چندانی جهت دستیابی به این مهم صورت نگرفته است. بر این اساس در این تحقیق سعی شد تا با یکی از روش‌های تصمیم‌سازی اقدام به اولویت‌بندی یکی از حوزه‌های آبخیز بزرگ کشور شود.

روش‌های تعیین اولویت می‌توانند کیفی یا کمی

باشند، اما در هر دو مورد تمامی پیشنهادها را می‌توان در دسته‌هایی به صورت روش‌های کمی یا کیفی قیاسی، روش‌های کمی یا کیفی تعیین قابلیت سرزمین و روش‌های کمی برنامه‌ریزی ریاضی ارائه نمود [۸].

مصادقات‌های فراوانی در زمینه اولویت‌بندی طرح‌های محیطی اعم از کشاورزی یا منابع طبیعی وجود دارد. به عنوان مثال در باغداری می‌توان به اولویت‌بندی در زمینه کاشت انواع درختان مثمر در یک عرصه اشاره نمود، در زمینه حرکات توده‌ای می‌توان به اولویت‌بندی از نظر کاهش خطر وقوع حرکات و یا در زمینه فرسایش بادی می‌توان به اولویت‌بندی منطقه از نظر جلوگیری از برداشت ذرات توسط باد اشاره کرد. لذا اصول حاکم بر چشم‌انداز منابع و اکولوژی مناطق بر اولویت‌هریک از زیرحوزه‌ها و نوع عملیات احیایی بسیار مؤثر است [۲].

در ایالت راجستان هندوستان محققین با ارائه شاخص‌های کیفی به ارزیابی اقدامات آبخیزداری پرداخته و در این خصوص به شاخص‌های گوناگون فنی، اکولوژیک، منابع طبیعی، اقتصادی، اجتماعی و خدمات ضروری اشاره نمودند و اقدامات آبخیزداری را اولویت‌بندی کردند [۱۲]. در حوزه آبخیز Guhiya هندوستان اولویت‌بندی بر اساس شاخص رسوب (SYI) و با استفاده از فنون مرسوم GIS^۲ و RS^۳ انجام شد. نتایج نشان داد که حوزه‌هایی با مقادیر بالاتر SYI در اولویت بالاتری قرار گرفته و نیاز به توجه فوری به حفاظت آب و خاک دارند. در حالی که حوزه‌های با مقادیر کم SYI به دلیل برخورداری از پوشش گیاهی مناسب از اولویت کمتری جهت اقدامات حفاظت آب و خاک برخوردار می‌باشند [۷]. در تحقیقی با استفاده از خصوصیات مورفومتریک، برای ۲۵ حوزه آبخیز کوچک در منطقه خرتال هندوستان، اولویت‌بندی اقدامات حفاظتی و مدیریتی به کمک سه تکنیک طبقه‌بندی، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای چند میانگینی^۴ (KCA)، تجزیه و تحلیل

۳ Remote Sensing

۴ K- means Cluster Analysis

۱ Sediment Yield Index

۲ Geography Information System

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به دو دسته تعاملی (جبرانی)^۱ و غیرتعاملی (غیرجبرانی)^۲ تقسیم می‌شوند. پیش‌فرض روش‌های تعاملی آن است که هر شاخص مستقل از دیگری است و هر کدام از شاخص‌ها به تنهایی در انتخاب مهم هستند. به بیان دیگر در این روش‌ها مبادله بین شاخص‌ها مجاز نیست و نقطه ضعف در یک شاخص توسط مزیت شاخص دیگر جبران نمی‌شود. در روش‌های تعاملی قوت یک شاخص می‌تواند نقاط ضعف شاخص‌های دیگر را بپوشاند و در واقع وزن کل شاخص‌ها مد نظر است [۱]. از جمله روش‌های تعاملی می‌توان روش‌های فازی تاپسیس^۵، ویکور^۶، تسلط تقریبی^۷، تحلیل سلسله‌مراتبی^۸ و تحلیل شبکه^۹ را نام برد. نظریه فازی می‌تواند به ابهام موجود در عبارات‌های زبانی نظردهندگان کمک کند [۱۵]. مطلوبیت گزینه‌ها در مقایسه با همه معیارها معمولاً به صورت اعداد فازی بیان می‌گردند که آن را مطلوبیت فازی می‌نامند و با روش‌های ارزیابی تصمیم‌گیری فازی سنجیده می‌شوند. رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس مقایسه مطلوبیت‌های فازی مربوطه است [۲۲]. از مطالعات انجام شده در زمینه اولویت‌بندی به روش منطق فازی می‌توان به مواردی اشاره نمود. در پژوهشی یک مدل چندهدفه فازی برای مدیریت کیفی نظام‌های رودخانه‌ای هندوستان پیشنهاد شد. در این راستا اهداف کیفی سازمان‌های مسئول حفاظت کیفی رودخانه و تخلیه کننده‌های آلاینده‌های مختلف به رودخانه به صورت فازی در نظر گرفته شد. در نتیجه مدل ارائه شده از انعطاف‌پذیری برای کنترل آلودگی و بهداشت برخوردار بود [۱۴]. در پژوهشی دیگر تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی برای اولویت‌بندی انتقال آب بین حوزه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش ۱۰ طرح انتقال آب بین حوزه‌ای کارون بزرگ با ۸ معیار در نظر گرفته شد.

خوشه‌ای فازی^۱ (FCA) و شبکه عصبی کوهنون^۲ (KNN) انجام شد. نتایج نشان داد که در بیش از ۵۰ درصد موارد این سه روش نتایج مشابهی را ارائه نمودند [۱۹]. با انجام مطالعه‌ای، اولویت‌بندی جهت اقدامات حفاظت خاک و آبخیزداری در هشت زیرحوزه آبخیز Mohr هندوستان با استفاده از تجزیه و تحلیل ۹ پارامتر مورفومتری انجام شد. در این تحقیق برای هر یک از زیرحوزه‌ها یک مقدار بهینه از مجموع مقادیر پارامترهای مذکور به دست آمد. سپس زیرحوزه‌ای که دارای کمترین مقدار بهینه بود به عنوان بالاترین اولویت معرفی گردید [۲۱]. همچنین در تحقیق دیگری زیرحوزه‌های آبخیز Kanera در کشور هندوستان بر اساس خصوصیات مورفومتری و کاربری اراضی جهت اقدامات حفاظت خاک اولویت‌بندی شد. نتایج نشان دهنده توانایی این دو خصوصیت در اولویت‌بندی مناسب منطقه بود [۶].

در پژوهشی زیرحوزه‌های آبخیز تلخاب خوزستان به منظور اجرای عملیات آبخیزداری اولویت‌بندی شدند. در این پژوهش از عوامل ۹ گانه مدل پسیاک به عنوان معیارهای اساسی جهت اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که فاکتورهای زمین‌شناسی، پوشش زمین، کاربری اراضی، فرسایش رودخانه‌ای، فرسایش سطح حوزه، پستی و بلندی، رواناب و خاک به ترتیب بیشترین تا کمترین تأثیر را در فرسایش رسوب‌زایی زیرحوزه‌ها داشتند [۱۶]. در حوزه آبخیز نالوچای استان آذربایجان غربی با بررسی نیروی سیل‌خیزی، اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز با استفاده از مدل HEC-HMS انجام شد. نتایج نشان داد که دو معیار مساحت عرصه و دبی ویژه می‌تواند به عنوان شاخص‌های مناسبی جهت اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها جهت اقدامات حفاظتی آبخیزداری مورد استفاده قرار گیرد [۱۶].

۵ Topsis

۶ Vikor

۷ Elimination choice translating reality (ELECTRE)

۸ Analytical Hierarchy process

۹ Analysis Network process

۱ Fuzzy Cluster Analysis

۲ Kohonen Neural Networks

۳ Compensatory methods

۴ Non Compensatory methods

جنوب به جاده معلمان محدود می‌شود. موقعیت جغرافیایی آن بین $21^{\circ} 22' 53''$ تا $32^{\circ} 28' 54''$ طول شرقی و $49^{\circ} 42' 35''$ تا $23^{\circ} 13' 36''$ عرض شمالی قرار گرفته است. حوزه آبخیز دریاں دارای اقلیم نیمه خشک سرد در غرب تا فراخشک سرد در شرق حوزه و دارای متوسط دمای $13/53$ درجه سانتی‌گراد است. حداکثر ارتفاع حوزه مورد مطالعه 3274 متر و حداقل ارتفاع آن 1032 متر از سطح دریا است. میانگین بارندگی سالانه حوزه مورد مطالعه $184/338$ میلی‌متر که زیر حوزه C_3 و C_{20} به ترتیب با $284/921$ و $105/693$ میلی‌متر بیشترین کمترین میزان بارندگی را دارا هستند. حوزه دریاں سمنان در زون‌های البرز و ایران مرکزی واقع شده است. به‌طور کلی گسل‌های سراسری و راندگی‌های بزرگ در این منطقه جهت شمال شرقی-جنوب غربی داشته که گسل عطاری و سمنان جدا کننده دو زون البرز و ایران مرکزی هستند. بر اساس تقسیمات هیدرولوژیکی، محدوده مطالعاتی به 38 زیرحوزه تقسیم شده است (شکل ۱).

۲.۲. روش کار (فرآیند تحقیق)

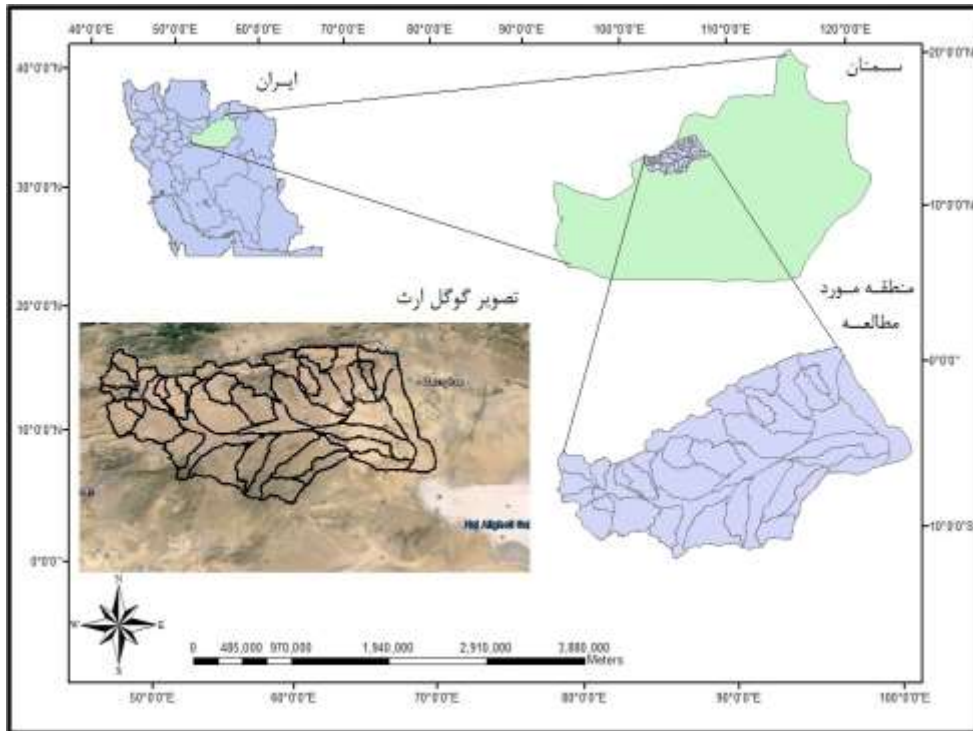
به منظور تهیه نقشه اولویت‌بندی زیرحوزه‌های حوزه آبخیز دریاں جهت اقدامات آبخیزداری، ابتدا پس از انجام عملیات میدانی و بازدید عملی و تهیه اطلاعات اولیه، مانند توپوگرافی، زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای موجود، اطلاعات از سطح حوزه کامل گردید.^۱ پس از تهیه اطلاعات و نقشه‌های مورد نظر، پژوهش در دو مرحله انجام گرفت. مرحله اول شامل انتخاب معیارهای مؤثر در اولویت‌بندی و تهیه نقشه هر یک از معیارها است. مرحله دوم به وزن‌دهی هر یک از معیارها و پیاده‌سازی روش شباهت به گزینه ایده‌آل^۲ جهت رسیدن به نقشه اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها جهت اقدامات آبخیزداری اختصاص یافت. در شکل ۲، چهارچوب مطالعه در پژوهش حاضر نشان داده شده است.

در نهایت با استفاده از روش اولویت‌بندی فازی گروهی، ۱۰ طرح یاد شده اولویت‌بندی گردید. نتایج نشان داد که تونل اول و دوم کوه‌رنگ و گوکان در اولویت بالاتر و ماریر و سولکان در رتبه‌های پایین‌تر قرار گرفتند [۱۱]. در سال ۲۰۰۶ در تحقیقی روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی و کاربرد آن در مدیریت و کنترل سیل به کمک مخازن مورد بررسی قرار گرفت. در این روش، از نقاط ایده‌آل و عکس ایده‌آل برای اولویت‌بندی گزینه‌ها استفاده شد [۳]. با توجه به موارد فوق تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه^۱ (MADM) ابزارهایی مفید برای حل مسائل جهان واقعی هستند. تصمیم‌گیرنده با انتخاب اولویت‌بندی و رتبه‌بندی تعداد معینی از فعالیت‌ها مواجه است. از میان این تکنیک‌ها، تاپسیس با مفهوم معیار فاصله گزینه‌ها از راه‌حل ایده‌آل و راه‌حل ایده‌آل منفی [۵]، ساده و پرکاربردترین تکنیک در MADM است. این مدل یکی از پرکاربردترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است. شاخص‌ها به دو نوع شاخصی از جنس سود که بیشتر بودن آن‌ها بهتر است و شاخصی از جنس هزینه که کمتر بودن آن‌ها بهتر است، دسته‌بندی می‌گردند. هدف از این پژوهش اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها جهت اقدامات مکانیکی و بیولوژیکی آبخیزداری با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه تاپسیس بر پایه گزینه ایده‌آل مثبت و منفی در حوزه آبخیز دریاں سمنان است. اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها براساس اقدامات آبخیزداری بر پایه روش تاپسیس جزء مطالعات اولیه در ایران است.

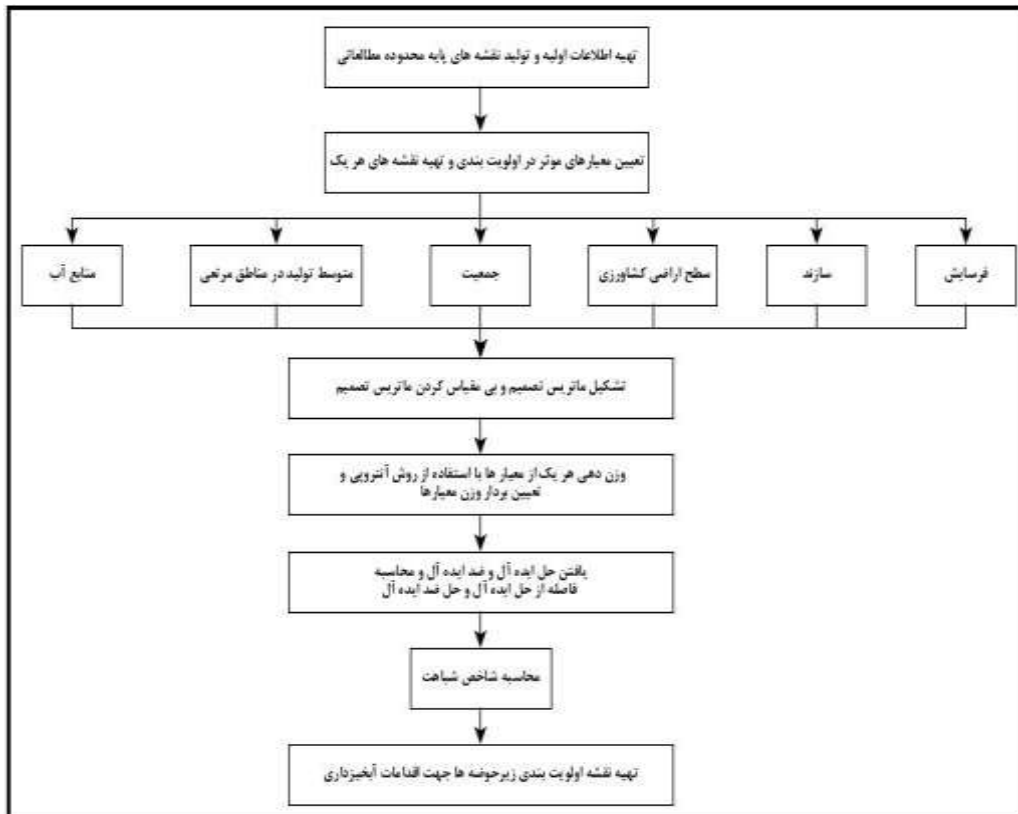
۲. روش شناسی تحقیق

۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، حوزه آبخیز دریاں با مساحت 288105 هکتار است. این منطقه از شمال شرق به سمنان، از شمال غرب به دامغان، از جنوب شرق به شهمیرزاد، از



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی در ایران و استان سمنان



شکل ۲. نمودار روش مطالعاتی انجام گرفته برای رسیدن به نقشه اولویت بندی زیرحوضه‌ها جهت اقدامات آبخیزداری

محاسبه گردید. سپس مقدار عدم اطمینان یا درجه انحراف هر شاخص (d_j) توسط رابطه ۳ تعیین و در آخر وزن هر شاخص با استفاده از رابطه ۴ محاسبه گردید.

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$E_j = - \frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$d_j = 1 - E_j \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad \text{رابطه (۴)}$$

مراحل روش شباهت به حل ایده‌آل

اگر در یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه و اولویت‌بندی سایر گزینه با استفاده از روش شباهت به حل ایده‌آل، مراحل روش به شرح زیر است [۱۰]:
ابتدا با توجه به تعداد معیارها و تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف ماتریس تصمیم براساس رابطه ۵ تشکیل گردید:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ X_{m1} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در اینجا X_{ij} عملکرد گزینه i ($i=1,2,\dots,m$) در رابطه با معیار j ($j=1,2,\dots,n$) است. به عبارتی شش معیار در اولویت‌بندی سی و هشت گزینه (زیرحوزه‌های محدوده مطالعاتی) نقش دارند.

در مرحله بعد معیارهای با ابعاد مختلف به معیارهای بی بعد تبدیل گردید (رابطه ۶).

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۶)}$$

روش‌های مختلفی برای بی مقیاس کردن وجود دارد اما در روش شباهت به گزینه ایده‌آل معمولاً از رابطه ۷ استفاده می‌شود که در این تحقیق نیز از این رابطه بهره

جهت تعیین معیارهای مناسب تصمیم‌گیری، ابتدا با توجه به مطالعات مشابه، شرایط منطقه، بازدهی‌های میدانی و نظرات کارشناسی طی چندین مرحله، شاخص‌های جمعیت، سطح اراضی کشاورزی، سیل‌خیزی، منابع آب، ژئومورفولوژی، اقلیم، متوسط تولید پوشش مناطق مرتعی، استحکام سازند و فرسایش در نظر گرفته شد، در نهایت با توجه به اهمیت هر شاخص و قابل حصول بودن آن‌ها همچنین نظرات کارشناسی و وسعت منطقه، شش معیار اصلی جمعیت، سطح اراضی کشاورزی، منابع آب، متوسط تولید مناطق مرتعی، استحکام سازند و فرسایش در ارتباط با اولویت‌بندی زیر حوزه‌ها انتخاب گردید. معیار جمعیت از تعداد افراد خانوارهای موجود در هر زیرحوزه، سطح اراضی کشاورزی از مساحت سطح زیرکشت کشاورزی هر زیرحوزه، منابع آب براساس دبی سالانه (متر مکعب بر ثانیه) حاصل از چاه چشمه و قنات به دست آمد. متوسط تولید در مناطق مرتعی با استفاده از روش قطع و توزین، فرسایش با استفاده از روش پسیاک و استحکام سازند با استفاده از ضریب مقاومت سنگ به فرسایش محاسبه گردید. سپس هر یک از معیارهای انتخابی با استفاده از روش آنتروپی وزن گرفته و پس از آن روش شباهت به گزینه ایده‌آل جهت اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها جهت اقدامات آبخیزداری انجام گرفت.

۱.۲.۲. تعیین وزن شاخص‌ها

روش آنتروپی در سال ۱۹۷۴ توسط شانون^۱ و ویور^۲ ارائه شده است. آنتروپی بیان‌کننده مقدار عدم اطمینان در یک توزیع احتمال پیوسته است. ایده اصلی این روش آن است که هر چه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است. جهت وزندهی با استفاده از روش آنتروپی ابتدا با استفاده از رابطه ۱ مقدار P_{ij} تعیین شد پس از آن مقدار آنتروپی هر شاخص (E_j) با استفاده از رابطه ۲

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

در این روابط اندیس j معرف معیار مورد نظر و اندیس i معرف گزینه (زیر حوزه) مورد نظر است. در آخرین مرحله شاخص شباهت با استفاده از رابطه ۱۴ تعیین گردید.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

مقدار شاخص شباهت بین صفر و یک تغییر می‌کند. هر چه گزینه مورد نظر به ایده‌آل مشابه‌تر باشد مقدار شاخص شباهت آن، به یک نزدیک‌تر خواهد بود. به عبارتی اگر گزینه‌ای بر گزینه ایده‌آل منطبق باشد فاصله آن تا حل ایده‌آل مساوی صفر و شاخص شباهت آن مساوی با یک است و در صورتی که گزینه‌ای بر گزینه ضد ایده‌آل منطبق باشد آنگاه فاصله آن تا حل ضد ایده‌آل مساوی صفر و شاخص شباهت آن مساوی صفر خواهد بود. لذا برای رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس شاخص شباهت، گزینه‌ای که دارای بیشترین شاخص شباهت است در رتبه اول و گزینه‌ای که دارای کمترین شاخص شباهت است در رتبه آخر قرار می‌گیرد.

۳. نتایج

پس از به کارگیری روش آنتروپی جهت وزن دهی معیارها، وزن هر یک از معیارهای مؤثر در اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها جهت اقدامات آبخیزداری مشخص گردید که نتایج وزن‌دهی معیارها در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱. مقادیر آنتروپی، درجه انحراف و وزن هر شاخص

مقدار	معیار	منابع آب	متوسط تولید در مناطق مرتعی	جمعیت	سطح اراضی کشاورزی	سازند	فرسایش
۰/۹۶۹۸	آنتروپی	۰/۷۶۱۸	۰/۹۶۹۸	۰/۵۲۱۵	۰/۶۷۰۷	۰/۹۸۰۳	۰/۹۹۸۲
۰/۰۳۰۲	درجه انحراف	۰/۲۳۸۲	۰/۰۳۰۲	۰/۴۷۸۲	۰/۳۲۹۳	۰/۰۱۹۷	۰/۰۰۱۸
۰/۰۲۷۵	وزن	۰/۲۱۷۰	۰/۰۲۷۵	۰/۴۳۵۹	۰/۳	۰/۰۱۸	۰/۰۰۱۷

ایده‌آل (تاپسیس) انجام گرفت، مقادیر نرمال‌شده یا به

گرفته شد.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n] \quad \text{رابطه (۸)}$$

عناصر بردار W ضریب اهمیت (وزن) معیارهای مربوطه است.

پس از تعیین بردار وزن معیارها، ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزن‌دار از ضرب ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده در بردار وزن معیارها (رابطه ۹) به دست آمد.

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad j=1, \dots, n; i=1, \dots, m \quad \text{رابطه (۹)}$$

پس از تعیین ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزن‌دار، حل ایده‌آل با A^* و ضد ایده‌آل با A^- که به ترتیب در رابطه‌های ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است، تعیین گردید.

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

v_j^* بهترین مقدار معیار j از بین تمام گزینه‌ها (زیر حوزه‌ها) و v_j^- بدترین مقدار معیار j از بین تمام گزینه‌ها است. گزینه‌های که در A^* و A^- قرار می‌گیرند به ترتیب نشان‌دهنده گزینه‌های کاملاً بهتر و کاملاً بدتر هستند.

در مرحله بعد مقادیر فاصله از حل ایده‌آل و فاصله از حل ضد ایده‌آل به ترتیب با استفاده از روابط ۱۲ و ۱۳ محاسبه گردید.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^*)^2} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

بعد از اینکه مراحل اولیه روش شباهت به گزینه

عبارتی ماتریس تصمیم‌بی‌مقیاس شده وزن‌دار که در جدول ۲ آمده است حاصل گردید و پس از اتمام روش عبارتی ماتریس تصمیم‌بی‌مقیاس شده وزن‌دار که در جدول ۲ آمده است حاصل گردید و پس از اتمام روش فوق مقادیر فاصله از حل ایده‌آل، ضد ایده‌آل و شاخص شباهت به دست آمد که در جدول ۳ قابل مشاهده است.

جدول ۲. مقادیر نرمال شده وزن زیر حوزه‌های مطالعاتی براساس معیارهای مؤثر در اولویت‌بندی زیر حوزه‌ها

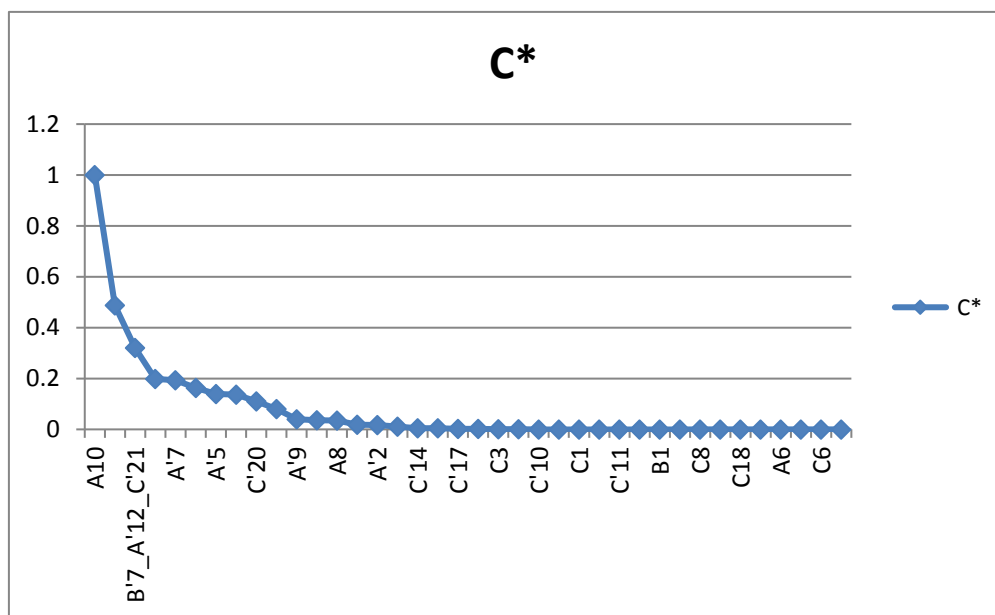
زیرحوزه	منابع آب	متوسط تولید در مناطق مرتعی	جمعیت	سطح اراضی کشاورزی	سازند	فرسایش
A1	۱۰۳۸۹۵/۶۷	۰	۴۴۲/۱۶	۰/۳۲	۰/۰۳	۰/۰۱
A'2	۲۲۱۱۴/۵۱	۱/۵۵	۴/۲۷	۰	۰/۰۱	۰/۰۲
A3	۱۴۰۵۶/۱۱	۰/۰۲	۰	۰	۰/۰۲	۰/۰۱
A4	۰	۰/۱۱	۰	۰	۰/۰۲	۰/۰۲
A'5	۱۷۸۹۹۷/۸۷	۰/۶۹	۰	۰	۰/۰۲	۰/۰۲
A6	۰	۰/۰۱	۰	۰	۰/۰۳	۰/۰۲
A'7	۲۴۹۵۳۶/۴۳	۰/۳۶	۰	۰	۰/۰۲	۰/۰۲
A8	۴۵۵۹۵/۴۴	۰/۰۳	۰/۴۷	۰	۰/۰۳	۰/۰۲
A'9	۵۱۷۱۶/۸۳	۰/۲۵	۰	۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۰۲
A10	۱۲۸۷۹۵۵	۰/۱۷	۰	۴/۵۰	۰/۰۳	۰/۰۲
A'11	۶۲۸۳۵۲/۶۴	۰/۶۷	۱۲۴/۶۵	۳۰	۰	۰/۰۳
B1	۴/۰۸	۰	۰	۰	۰/۰۳	۰/۰۲
B'2	۳۷/۹۷	۰	۰	۰	۰/۰۲	۰/۰۱
B3	۵/۹۴	۰/۰۴	۰	۰	۰/۰۳	۰/۰۱
B'4	۲۳۳۴/۲۷	۰/۱۹	۰	۰	۰	۰/۰۲
B5	۴۶۹۶۱/۲۴	۰/۲۲	۴۰/۷۹	۱۵/۰۶	۰	۰/۰۳
B'6	۲۵۶۳۹۶/۷۶	۰/۶۳	۶/۶۲	۳۷/۰۱	۰	۰/۰۳
B'7_A'12_C'21	۴۱۲۳۰۹/۱۰	۰/۷۳	۳/۷۸	۵۰/۶۱	۰	۰/۰۲
C1	۸۱/۸۹	۰	۰	۰	۰/۰۳	۰/۰۲
C2	۱۷۵۳۵۷/۹۷	۰	۷/۲۷	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۲
C3	۵۸۰/۷۱	۰	۰	۰/۷۹	۰/۰۳	۰/۰۲
C4	۴۴۹/۸۷	۰	۰	۰/۳۹	۰/۰۲	۰/۰۲
C'5	۰	۰	۰	۱/۸۹	۰/۰۲	۰/۰۱
C6	۰	۰	۰	۰	۰/۰۲	۰/۰۱
C'7	۰	۰	۰	۰	۰/۰۲	۰/۰۱
C8	۰	۰	۰	۰/۳۴	۰/۰۲	۰/۰۱
C9	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰/۰۱
C'10	۱۹۴/۸۲	۰	۰	۰	۰/۰۲	۰/۰۱
C'11	۲۳/۸۳	۰/۰۱	۰	۴/۹۴	۰/۰۲	۰/۰۱
C12	۰	۰	۰	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱
C13	۲۰۹۷۲۷/۱۹	۰/۰۱	۱۲/۱۹	۲/۸۱	۰/۰۲	۰/۰۲
C'14	۶۲۰۷/۶۶	۰/۱۵	۰	۰/۵۹	۰/۰۱	۰/۰۱
C'15	۱۷۳/۳۰	۰/۰۵	۰	۰	۰/۰۳	۰/۰۲
C'16	۵۴۷۴/۵۰	۰/۰۲	۰	۰	۰/۰۳	۰/۰۲
C'17	۲۹۰۷/۶۰	۰/۰۱	۰	۱/۴۲	۰/۰۲	۰/۰۲
C18	۰	۰/۰۳	۰	۰	۰/۰۳	۰/۰۲
C'19	۲۶۵۱/۴۵	۰/۰۲	۰	۰	۰/۰۴	۰/۰۲
C'20	۱۴۱۴۴۷/۲۶	۰/۰۸	۱۶۷/۸۷	۶۹/۳۳	۰	۰/۰۳

جدول ۳. مقادیر فاصله از حل ایده‌آل، ضد ایده‌آل و شاخص شباهت

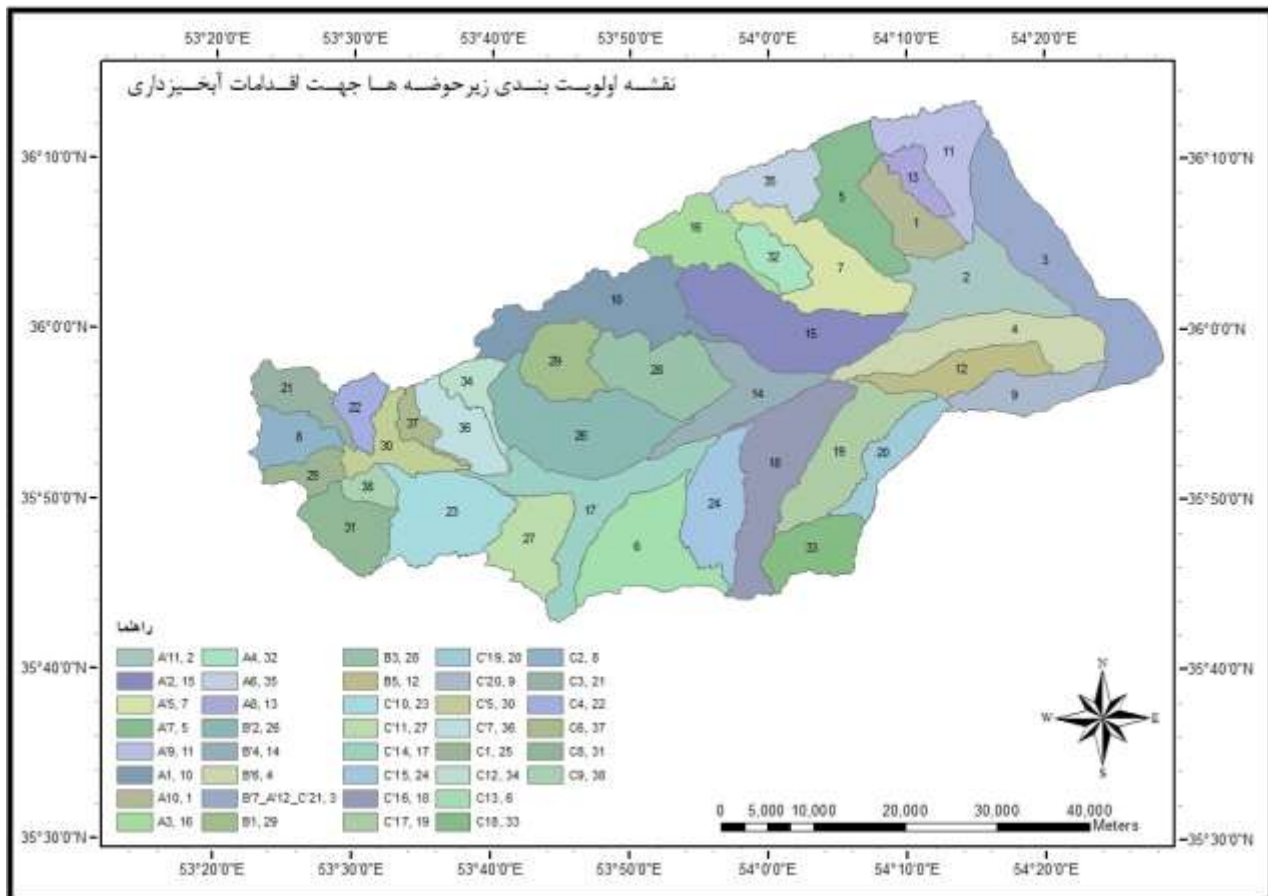
شاخص شباهت	فاصله از حل ضد ایده‌آل	فاصله از حل ایده‌آل	زیرحوزه‌ها
۰/۰۸۰۶	۱۰۳۸۹۶/۶۱	۱۱۸۴۰۶۰/۳۰	A1
۰/۰۱۷۱	۲۲۱۱۴/۵۳	۱۲۶۵۸۴۱/۵۲	A'2
۰/۰۱۰۹	۱۴۰۵۶/۱۱	۱۲۷۳۸۹۹/۹۴	A3
۰/۰۰۰۰۰۰۸	۰/۱۱	۱۲۸۷۹۵۶/۰۵	A4
۰/۱۳۸۹	۱۷۸۹۹۷/۸۷	۱۱۰۸۹۵۸/۱۹	A'5
۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۳	۱۲۸۷۹۵۶/۰۵	A6
۰/۱۹۳۷	۲۴۹۵۳۶/۴۳	۱۰۲۸۴۱۹/۶۳	A'7
۰/۰۳۵۳	۴۵۵۸۹/۴۴	۱۲۴۲۳۶۶/۶۱	A8
۰/۰۴۰۱	۵۱۷۱۶/۸۳	۱۲۳۶۲۳۹/۲۲	A'9
۰/۹۹۹۶	۱۲۸۷۹۵۵/۹۷	۴۴۶/۸۹	A10
۰/۴۸۷۸	۶۲۸۳۵۲/۶۶	۶۵۹۶۰۳/۴۰	A'11
۰/۰۰۰۰۰۰۳	۴/۰۸	۱۲۸۷۹۵۱/۹۷	B1
۰/۰۰۰۰۰۰۲	۳۷/۹۷	۱۲۸۷۹۱۸/۰۷	B'2
۰/۰۰۰۰۰۰۴	۵/۹۴	۱۲۸۷۹۵۰/۱۱	B3
۰/۰۱۸۱	۲۳۳۳۴/۲۷	۱۲۶۴۶۲۱/۷۸	B'4
۰/۰۳۶۴	۴۶۹۶۱/۲۶	۱۲۴۰۹۹۴/۸۰	B5
۰/۱۹۸۹	۲۵۶۲۹۶/۷۶	۱۰۳۱۶۵۹/۳۱	B'6
۰/۳۲۰۱	۴۱۲۳۰۹/۱۰	۸۷۵۶۴۶/۹۸	B'7_A'12_C'21
۰/۰۰۰۰۰۰۶	۸۱/۸۹	۱۲۸۷۸۷۴/۱۶	C1
۰/۱۳۶۱	۱۷۵۳۵۷/۹۷	۱۱۱۲۵۹۸/۰۹	C2
۰/۰۰۰۰۰۰۴	۵۸۰/۷۱	۱۲۸۷۳۷۵/۳۴	C3
۰/۰۰۰۰۰۰۳	۴۹۹/۸۷	۱۲۸۷۵۰۶/۱۸	C4
۰/۰۰۰۰۰۰۱	۱/۸۹	۱۲۸۷۹۵۶/۰۵	C'5
۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۲	۱۲۸۷۹۵۶/۰۵	C6
۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۲	۱۲۸۷۹۵۶/۰۵	C'7
۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۳۴	۱۲۸۷۹۵۶/۰۵	C8
۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۱	۱۲۸۷۹۵۶/۰۵	C9
۰/۰۰۰۰۰۰۱	۱۹۳/۸۲	۱۲۸۷۷۶۲/۲۳	C'10
۰/۰۰۰۰۰۰۱	۲۴/۳۳	۱۲۸۷۹۳۲/۲۲	C'11
۰/۰۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۴	۱۲۸۷۹۵۶/۰۵	C12
۰/۱۶۲۸	۲۰۹۷۲۷/۱۹	۱۷۸۲۲۸/۸۷	C13
۰/۰۰۰۰۰۰۴۸	۶۲۰۷/۶۶	۱۲۸۱۷۴۸/۳۹	C'14
۰/۰۰۰۰۰۰۱	۱۷۳/۳۰	۱۲۸۷۷۸۲/۷۵	C'15
۰/۰۰۰۰۰۰۴۲	۵۴۷۴/۵۰	۱۲۸۲۴۸۱/۵۵	C'16
۰/۰۰۰۰۰۰۲۲	۲۹۰۷/۶۰	۱۲۸۵۰۴۸/۴۴	C'17
۰/۰۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۴	۱۲۸۷۹۵۶/۰۵	C18
۰/۰۰۰۰۰۰۲۰	۲۶۵۱/۴۸	۱۲۸۵۳۰۴/۶۰	C'19
۰/۱۰۹۸	۱۴۱۴۴۷/۳۸	۱۱۴۶۵۰۸/۷۴	C'20

بیشتر بودن استحکام سازند و کمتر بودن مقدار فرسایش در زیر حوزه A10، باعث اولویت بیشتر آن نسبت به اقدامات آبخیزداری شده است. همان طور که نمودار تغییرات کمی شاخص شباهت (C^*) در شکل شماره ۳ نشان می‌دهد، رتبه اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها با کاهش مقدار C^* کاهش می‌یابد. همانطور که در این نمودار نشان داده شده است، زیرحوزه C9 با کمترین مقدار C^* و همچنین بیشترین فاصله از حد ایده‌آل دارای کمترین رتبه اولویت‌بندی نسبت به اقدامات آبخیزداری است. بررسی معیارهای مؤثر در اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها نشان می‌دهد که منابع آب، جمعیت، متوسط تولید و سطح اراضی کشاورزی کم باعث این امر شده است. شکل ۳ نقشه اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها جهت اقدامات آبخیزداری را نشان می‌دهد. در این شکل نام زیرحوزه‌ها و رتبه آن‌ها مشخص شده است.

از بین شش عامل مؤثر در اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها به اقدامات آبخیزداری، پنج معیار (جمعیت، متوسط تولید، منابع آب، سطح اراضی کشاورزی و سازند) دارای اثر افزایشی و معیار (فرسایش) دارای اثر کاهش‌ی است. پس از محاسبه فاصله از حد ایده‌آل (S^*) و فاصله از حد ضد ایده‌آل (S^-)، مقدار شاخص شباهت به گزینه ایده‌آل (C^*) برای هر یک از زیرحوزه‌ها به دست آمد. نتایج نشان داد که زیرحوزه‌های A10، A11 و B'7_A'12_C'21 دارای بیشترین مقدار شاخص شباهت و زیرحوزه‌های C'7، C6 و C9 دارای کمترین مقدار شاخص شباهت به گزینه ایده‌آل هستند. به عبارت دیگر زیرحوزه‌های A10، A11 و B'7_A'12_C'21 بیشترین اولویت و زیرحوزه‌های C'7، C6 و C9 از کمترین اولویت نسبت به اقدامات آبخیزداری برخوردارند. بررسی معیارهای مؤثر در اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها نشان می‌دهد که جمعیت زیاد و



شکل ۳. اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها جهت اقدامات آبخیزداری



شکل ۴. نقشه اولویت بندی زیرحوضه ها جهت اقدامات آبخیزداری

و دارای اولویت‌های بالا می شود. مطالعات مختلفی جهت اولویت بندی سناریوهای مختلف با استفاده از روش شباهت به گزینه ایده آل در منابع طبیعی انجام گرفته است. در پژوهشی به انتخاب بهترین سناریوی بهبود کیفیت آب در بین ۳۲ سناریوی تدوین شده با بکارگیری روش شباهت به گزینه ایده آل پرداخته شد [۱۸]. در این پژوهش نیز از روش آنتروپی برای وزن دهی معیارها و روش شباهت به گزینه ایده آل (تاپسیس)، برای اولویت بندی زیرحوضه ها جهت اقدامات آبخیزداری استفاده شد. پس از وزن دهی معیارهای منابع آب، متوسط تولید در مناطق مرتعی، جمعیت، سطح اراضی کشاورزی، استحکام سازند و فرسایش، عوامل جمعیت، مساحت

۴. بحث و نتیجه گیری

حوزه آبخیز یک واحد ایده آل برای مدیریت منابع طبیعی و همچنین تعدیل تأثیر ناهنجاری طبیعی برای دستیابی به توسعه پایدار است. شرط اول کنترل عوامل فرسایشی و بهبود وضعیت بحرانی یک حوزه آبخیز، شناسایی مناطق و زیرحوضه‌های با وضعیت بحرانی تر و اولویت بندی آنها است تا در صورت اجرای عملیات کنترلی، مناطق دارای اولویت های بالاتر بیشتر مد نظر قرار گرفته و برنامه های حفاظتی در این قبیل مناطق متمرکز شوند. اولویت بندی حوزه های آبخیز براساس وضعیت و شرایط منابع موجود است که در نهایت منجر به عملیات حفاظتی و آبخیزداری در زیرحوضه های حساس

را از مسائل تأثیرگذار در تعیین مکان‌های مناسب برای اقدامات مکانیکی در حوزه‌های آبخیز دانسته‌اند، مطابقت دارد [۱۷]. نتایج نشان داد که زیر حوزه A10 با دارا بودن بیشترین وزن معیارهای جمعیت، منابع آب و سطح اراضی کشاورزی، دارای بیشترین مقدار شاخص شباهت (C^*) و کمترین فاصله از مقدار ایده‌آل، در بالاترین رتبه و زیر حوزه C9 با دارا بودن کمترین وزن معیارهای جمعیت، منابع آب و سطح اراضی کشاورزی، دارای کمترین مقدار شاخص شباهت (C^*) و بیشترین فاصله از مقدار ایده‌آل، در پایین‌ترین رتبه نسبت به انجام اقدامات بیولوژیکی و مکانیکی آبخیزداری قرار دارد.

اراضی کشاورزی و منابع آب بیشترین و عوامل فرسایش، استحام سازند و تولید مراتع کمترین میزان اهمیت (وزن) را به خود اختصاص دادند. به عبارتی بیشترین و کمترین میزان تأثیر گذاری در اولویت‌بندی زیر حوزه‌ها را دارا می‌باشند. این موضوع با نتایج تحقیقی که منابع آب را یکی از تأثیر پذیرترین عوامل در عملیات آبخیزداری دانسته [۱۰] و پژوهش دیگری که دبی ویژه و مساحت را در مطالعه اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز از نظر سبیل خیزی با نرم افزار HEC-HMS مؤثرترین عوامل دانسته‌اند [۲۰]، همخوانی دارد. همچنین این موضوع با نتایج تحقیقی که عوامل هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی و اجتماعی

References

- [1]. Ataei, M. (1389). Multi Criteria Decision Making. University of Shahrood Press.
- [2]. Froman, R.T.T. (1995). Some general principle of landscape and regional ecology. Landscape ecology Journal, 10(3) 133-142.
- [3]. Fu, G. (2006). A fuzzy optimization method for multicriteria decision making an application to reservoir flood control operation. Journal Exp. Syst. App, 34(1), 145-149.
- [4]. Ghiasi, N., Arab Khadri, M. and Ghafari, A. (1383). Effect of some geometrical characteristics of watersheds maximum flooding with different return periods. Journal of Research and Construction, 62(4), 2-10.
- [5]. Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications, a state-of-the-art survey, 15ed Edition, Berlin, New York, Springer-Verlag.
- [6]. Javed, A., Khanday, M.Y. and Ahmed, R. (2009). Prioritization of watersheds based on morphometric and landuse analysis using RS and GIS techniques. Journal of the Indian society of Remote Sensing, 37(2), 261-274.
- [7]. Khan, M.A., Gupta, V.P. and Moharana, P.C. (2001). Watershed prioritization using RS and GIS. a case study from Guhiya, India. Journal of Arid Environments, 49(3), 456-475.
- [8]. Makhdom, M. (1374). Foundation Land Surveying. University of Tehran Press.
- [9]. Refahi, H.GH. 1378. Water erosion and control it. University of Tehran press.
- [10]. Rahi, GH., Tousi, T. and Sartavi, K. (1386). Effects of watershed and water spreading in the development of water resources in the watershed Baghan Bushehr. 4th National Conference of Management Science and Engineering watershed catchment basins, Karaj, Iran.
- [11]. Razavi Tousi, S.L., Samani, M.V. and Korehpazan Dezfooli, A. (1386). Prioritizing the inter-basin transfer projects using fuzzy MADM Group. Water Resources Research, 3(2), 102-110.
- [12]. Rajora, R. (1998). Integrated watershed Management, A Field Manual for Equitable Productive and Sustainable Development, 1ed Edition, Rawat Publication, New Delhi, India.
- [13]. Raju, S.K. and Kumar, N.D. (2011). Classification of microwatersheds based on morphological characteristics. Hydro-environment Research Elsevier, 5(2), 101-109.
- [14]. Sasikumar, K. and Mujumdar, P.P. (1998). Fuzzy optimization model for water quality management of a river system. Journal Water Resource Plan Manage, 124(2), 79-80.

- [15]. Semih, O., Slin, S.K. and Elif, I. (2009). Long Term Supplier Selection Using a Combined Fuzzy MCDM Approach. A Case Study for a Telecommunication Company. *Journal of Expert Systems with Applications*, 36(2), 3887–3895.
- [16]. Sobhani, H. and Malekian, A. (1389). Prioritizing watershed operations in the watershed Talkhab using Askalygram. 6th National Conference of Watershed Management Science and Engineering, Noor, Iran.
- [17]. Soori, M., Jaefari, M., Azarnivand, H., Ghodosi, CH. and Farahpor, P. (1391). Rock- Cement and Dam Gabion implementation of Location using analytic hierarchy process (AHP) in GIS Environment (Case study of Kermanshah). *Journal of Watershed Researches (research and construction)*, 25(4), 83-91.
- [18]. Safavian, A., Mahini, A.R., Mirkarimi, S.H. and Saedodin, A. (1392). Choose the best scenario for improving water quality in the watershed using multi-criteria decision River- Gorgan, Golestan province. *Journal of Soil Conservation*, 20(3), 173-192.
- [19]. Srinivasa, R., and Kumar, N. (2011). Classification of micro watersheds based on morphological characteristics. *Hydro-environment Research* 5: 101-109.
- [20]. Talayi, S., Zehtabian, Gh. and Malekian, A. (1391). Force survey flooding and priority watersheds using , HEC-HMS model and compare with experimental model of Franco-Roider (Case study: Nazloochay watershed of West Azarbaijan). *Journal of Environmental Researches*, 3(1), 35-46.
- [21]. Thakkar, A. and Dhiman, S.D. (2007). Morphometric analysis and prioritization of Mini Watershed in MOHR Watershed, Gujarat sing RS and GIS Techniques. *Journal of the Indian society of Remote Sensing*, 35(4), 321-329.
- [22]. Yeh, C.H. and Deng, H. (2004). A Practical Approach to Fuzzy Utilities Comparison in Fuzzy Multi-Criteria Analysis. *International Journal of Approximate Reasoning*, 35(2), 179-194.

